

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2002-151670

(P2002-151670A)

(43)公開日 平成14年5月24日(2002.5.24)

(51)Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テマコード(参考)
H 0 1 L 27/14		G 0 2 B 3/00	A 2 H 0 4 8
G 0 2 B 3/00		5/20	1 0 1 2 H 0 9 7
5/20	1 0 1	G 0 3 F 7/20	5 0 1 4 M 1 1 8
G 0 3 F 7/20	5 0 1	H 0 4 N 9/07	A 5 C 0 6 5
H 0 4 N 9/07		H 0 1 L 27/14	D
審査請求 未請求 請求項の数9 ○L (全 10 頁)			

(21)出願番号 特願2001-22014(P2001-22014)

(22)出願日 平成13年1月30日(2001.1.30)

(31)優先権主張番号 特願2000-260983(P2000-260983)

(32)優先日 平成12年8月30日(2000.8.30)

(33)優先権主張国 日本 (J P)

(71)出願人 000002185

ソニー株式会社

東京都品川区北品川6丁目7番35号

(72)発明者 吉田 庄志

愛知県名古屋市長生通2丁目20番地1 株

式会社メイテック内

(72)発明者 和田 隆宏

鹿児島県国分市野口北5番1号 ソニー一

分株式会社内

(74)代理人 100094053

弁理士 佐藤 隆久

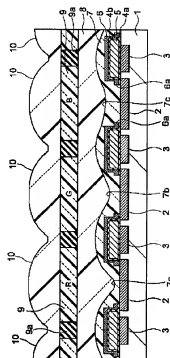
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 固体撮像装置および製造方法

(57)【要約】

【課題】画素微細化の際に、スミアを抑制し、感度低下を防止する。

【解決手段】基板1内の表面領域に形成された画素の受光部2と、受光部2の上方で層間絶縁膜内に埋め込まれ凹状のレンズ曲面(第1光透過絶縁膜7と第1光透過絶縁膜8との境界面)を有する層内レンズと、層内レンズの上方に形成されたカラーフィルタ9およびオンチップレンズ10とを有する。層内レンズの凹状レンズ曲面の曲率(即ち7a, 7b, 7cの曲率)が、カラーフィルタ9の色配列に応じて異なる。



(2)

【特許請求の範囲】

【請求項1】基板内の表面領域に形成された画素の受光部と、上記受光部の上方で層間絶縁膜内に埋め込まれ凹状のレンズ曲面を有する層内レンズと、上記層内レンズの上方に形成されたカラーフィルタおよびオンチップレンズとを有した固体撮像装置であって、
上記層内レンズの上記凹状レンズ曲面の曲率が、上記カラーフィルタの色配列に応じて異なる固体撮像装置。

【請求項2】上記カラーフィルタは、光を入射し赤色、緑色または青色の光を透過させる赤色用フィルタ、緑色用フィルタおよび青色用フィルタを所定の規則で配列してなり、

上記層内レンズの上記凹状レンズ曲面の曲率が、上記赤色用フィルタの下方領域、上記緑色用フィルタの下方領域、上記青色用フィルタの下方領域の順に大きい請求項1記載の固体撮像装置。

【請求項3】上記カラーフィルタは、光を入射しイエロー、マゼンダまたはシアン光を透過させるイエロー用フィルタ、マゼンダ用フィルタおよびシアン用フィルタを含む複数のフィルタを所定の規則で配列してなり、
上記層内レンズの上記凹状レンズ曲面の曲率が、上記イエロー用フィルタの下方領域、上記マゼンダ用フィルタの下方領域、上記シアン用フィルタの下方領域の順に大きい請求項1記載の固体撮像装置。

【請求項4】上記層内レンズは、上記カラーフィルタの色配列に応じて深さが異なる曲面状の凹部を上記受光部の上方の表面部分に有した第1光透過絶縁膜と、
上記第1光透過絶縁膜と屈折率が異なる材料からなり、上記凹部を埋めて形成された第2光透過絶縁膜とからなる請求項1記載の固体撮像装置。

【請求項5】上記カラーフィルタは、光を入射し赤色、緑色または青色の光を透過させる赤色用フィルタ、緑色用フィルタおよび青色用フィルタを所定の規則で配列してなり、

上記凹部の深さが、上記赤色用フィルタの下方領域、上記緑色用フィルタの下方領域、上記青色用フィルタの下方領域の順に大きい請求項4記載の固体撮像装置。

【請求項6】上記第1光透過絶縁膜は、上記赤色用フィルタの下方領域、上記緑色用フィルタの下方領域、上記青色用フィルタの下方領域の順で不純物濃度が高い請求項5記載の固体撮像装置。

【請求項7】基板内の表面領域に画素の受光部を形成し、
上記受光部の上方で層間絶縁膜内に埋め込まれ凹状のレンズ曲面を有する層内レンズを形成し、上記層内レンズの上方にカラーフィルタとオンチップレンズを形成する固体撮像装置の製造方法であって、

上記受光部の形成後、上記カラーフィルタの色配列に応じて深さが異なる曲面状の凹部を上記受光部の上方の表面部分に有した第1光透過絶縁膜を形成し、
上記第1光透過絶縁膜と異なる屈折率の第2光透過絶縁

膜を上記凹部を埋めて堆積させることにより、上記層内レンズを形成する固体撮像装置の製造方法。

【請求項8】上記第1光透過絶縁膜の形成では、上記第1光透過絶縁膜となる膜を堆積し、

上記第1光透過絶縁膜となる膜に対し、上記カラーフィルタの色配列に応じて複数回、不純物を上記受光部の上方領域に選択的にイオン注入し、

上記不純物をイオン注入した上記第1光透過絶縁膜となる膜を加熱する請求項7記載の固体撮像装置の製造方法。

【請求項9】上記凹部の曲率を小さくする上記第1光透過絶縁膜の領域ほど高い濃度で不純物をイオン注入する請求項8記載の固体撮像装置の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、受光部とオンチップレンズとの間の層間絶縁膜内に埋め込まれ、上面に凹状のレンズ曲面を有する層内レンズを有する固体撮像装置と、その製造方法とに関する。

【0002】

【従来の技術】現在、CCD固体撮像素子は、チップサイズの小型化および多画素化が非常に強く望まれている。

【0003】しかし、現状の画素サイズのままチップを小型化したのでは、画素数が減少し、その結果として解像度が低下する。また、現状の画素サイズのまま多画素化したのでは、チップサイズが大きくなり、生産コストの増大あるいはチップ歩留りの低下を招く。したがって、チップサイズの小型化または多画素化を実現するには、画素サイズを現状より縮小することが必須となる。これが出来れば、解像度を維持したまま小型のCCD撮像素子が提供でき、あるいは、逆に素子サイズを維持したまま解像度を上げることができる。

【0004】ところが、画素サイズを縮小した場合、単位画素に入射する光量は減少し、各画素の受光部の感度特性が低下するという不具合が生じてしまう。出力回路の変換効率を向上させることにより感度特性を維持することも可能であるが、その場合、ノイズ成分も増幅してしまうため、CCD撮像素子から出力される映像信号のS/N比が低下する。つまり、画素サイズを縮小したときの感度特性の維持を出力回路の変換効率向上のみで達成するべきではなく、S/N比の低下を防ぐために各画素の集光効率を出来るだけ向上させることが必要となってくる。

【0005】この観点から、受光部上方に設けたカラーフィルタ上にオンチップレンズ（OCL; On Chip Lens）を設け受光部への集光効率を高めて工夫がされている。しかし、たとえば $4\mu\text{m} \times 4\mu\text{m}$ 以下の画素サイズを有するCCD撮像素子では、オンチップレンズ単独で集光効率を高めることは、ほぼ限界に近づいている。そ

(3)

3
こで、この境界を打開する技術として、オンチップレンズと受光部との間の層内に光透過材料の膜からなる、もう一つの層内レンズを形成することで集光効率をさらに向上させたCCD撮像素子が知られている。

【0006】図8に、この層内レンズを有するCCD撮像素子の断面図を示す。基板1内の表面領域に所定の不純物を所定の条件でイオン注入することにより、受光部2、垂直転送部3、図示を省略した読み出しゲート部およびチャネルストップ等が形成されている。基板1上には、酸化シリコンなどの絶縁膜4aが形成され、垂直転送部3の上方の絶縁膜4a上の位置に、ポリシリコンなどからなる転送電極5が形成されている。垂直転送部3上には、酸化シリコンなどの絶縁膜4bが形成され、絶縁膜4b上に、たとえばタングステン(W)などの高融点金属材料からなる透光膜6が形成されている。透光膜6は、受光部2の上方で開口した開口部を有する。開口部の周縁は、垂直転送部3により形成された段差より若干内側に位置する。これは、透光膜6の垂直転送部3に対する透光性を高め、スミアを抑えるためである。

【0007】透光膜6および開口部上を覆って、BPSG(Borophosphosilicate glass)からなる第1光透過絶縁膜20が形成されている。第1光透過絶縁膜20は、気相成長後に900℃～1000℃でリフローされ、その表面に下地の段差の形状を反映し、かつ、なだらかな曲面を有する凹部20aが形成されている。第1光透過絶縁膜20上には、BPSGより屈折率が高い絶縁材料、たとえば窒化シリコンからなる第2光透過絶縁膜8が、凹部20aを埋め込んで堆積されている。第2光透過絶縁膜8は、堆積後のエッチバック法により表面が平坦化されている。この第1および第2光透過絶縁膜20、8は層内レンズを構成する。

【0008】第2光透過絶縁膜8の平坦化面上に、オンチップカラーフィルタ(OCCF)が配置されている。OCCF9は、境界領域9aにより区切られた画素領域ごとに、たとえば赤(R)、緑(G)、青(B)の何れかに着色されている。また、OCCF9上には、ネガ感光樹脂などの光透過材料からなるオンチップレンズ(OCCL)10が配置されている。

【0009】図9は、このCCD撮像素子の画素の集光の様子を示す。図9中実線で示すように、受光面に対し垂直な入射光(以下、垂直光)L0がOCCL10のレンズ面(凸状曲面)に入射されると、垂直光L0はレンズ面で屈折した層内レンズ面(凹部20a)で更に集光されて、受光部2に入射される。また、当該CCD撮像素子を搭載したカメラの撮像レンズの絞りを開いた絞り開放側(F値が小さい側)で受光面に対し斜めに入射する光(以下、斜め光)L1の割合が増大すると、この斜め光L1は、図9中に破線で示すように受光面上に集光される。OCCL10は無効領域となる隙間を出来るだけ少なくするようにCCD撮像素子表面に

4
形成され、透光膜6上方への入射光も有効利用して受光部2に入射させる。また、層内レンズがないと特に斜め光L1の集光率が低い、層内レンズを設けることにより集光率が格段に向上するため、各画素の感度特性が改善される。

【0010】

【発明が解決しようとする課題】ところが、従来の固体撮像素子では、層内レンズを構成する第1光透過絶縁膜の凹部20aが全面一様な形状、すなわち同じ曲率で形成されているため、特定波長の光の集光効率が悪いという課題があった。これは、レンズの焦点距離に波長依存性があるためである。

【0011】図10に、R、G、Bの3原色光の同一レンズにおける集光の様子を示す。また、R、G、Bの3原色の画素に垂直光が入射した場合を図11に示し、斜め光が入射した場合は図12に示す。同一レンズに波長が異なる赤色光、緑色光および青色光を入射した場合、図10に示すように、赤色光の焦点距離が最も長く、緑色光の焦点距離が次に長く、青色光の焦点距離が最も短い。このため、OCCL10および層内レンズがチップ上で同一形状に形成された従来の固体撮像素子では、図11および図12に示すように、画素における集光状態がカラーフィルタの色ごとに異なってしまう。

【0012】このような集光状態の差は、画素サイズが大きいたまは余り問題とならないが、チップの小型化および多画素化にもなると画素サイズが縮小され、かつ撮像レンズの絞り開放(F値が小さい)側で斜め光の割合が増えるという問題となる。つまり、図12中の符号Aのように、たとえば赤色光の一部が透光膜6のコーナーに遮られて受光面に到達できない、いわゆる「入射光のクレープ」が発生しやすくなる。入射光のクレープが多いと、特定の画素のみ感度が低下し、撮像部内で感度の不均一が発生する。また、図12中の符号Bに示すように、たとえば青色光が透光膜6の隅から斜めに入り、透光膜6の下側における各種膜の界面間で乱反射し、垂直転送部3に入って電荷を発生させる。この電荷は、垂直転送部3を転送される信号電荷にとってノイズ成分となり、しかも転送の度に累積されることから、画面に白い縦線(スミア)となって現れる。

【0013】このように、従来の固体撮像装置では、画素サイズを縮小した場合に、特にF値が小さいときの感度が低下し、またスミアが発生しやすいという問題があった。とくに最近では、以前にも増して画素の微細化が進んでおり、この問題の解決が強く望まれていた。

【0014】本発明の目的は、画素を微細化しても、斜め光入射時に感度が低下したり、スミアの原因となる電荷転送部内で不要な電荷が発生しない固体撮像装置およびその製造方法を提供することにある。

【0015】

【課題を解決するための手段】本発明の第1の観点に係

(4)

る固体撮像装置は、基板内の表面領域に形成された画素の受光部と、上記受光部の上方で層間絶縁膜内に埋め込まれ凹状のレンズ曲面を有する層内レンズと、上記層内レンズの上方に形成されたカラーフィルタおよびオンチップレンズとを有した固体撮像装置であって、上記層内レンズの上記凹状レンズ曲面の曲率が、上記カラーフィルタの色配列に応じて異なる。

【0016】上記カラーフィルタは、光を入射し赤色、緑色または青色の光を透過させる赤色用フィルタ、緑色用フィルタおよび青色用フィルタを所定の規則で配列してなり、上記層内レンズの上記凹状レンズ曲面の曲率が、上記赤色用フィルタの下方領域、上記緑色用フィルタの下方領域、上記青色用フィルタの下方領域の順に大きい。あるいは、上記カラーフィルタは、光を入射しイエロー、マゼンダまたはシアンの光を透過させるイエロー用フィルタ、マゼンダ用フィルタおよびシアン用フィルタを含む複数のフィルタを所定の規則で配列してなり、上記層内レンズの上記凹状レンズ曲面の曲率が、上記イエロー用フィルタの下方領域、上記マゼンダ用フィルタの下方領域、上記シアン用フィルタの下方領域の順に大きい。

【0017】上記層内レンズは、好適に、上記カラーフィルタの色配列に応じて深さが異なる曲面状の凹部を上記受光部の上方の表面部分に有した第1光透過絶縁膜と、上記第1光透過絶縁膜と屈折率が異なる材料からなり、上記凹部を埋めて形成された第2光透過絶縁膜とからなる。上記カラーフィルタは、光を入射し赤色、緑色または青色の光を透過させる赤色用フィルタ、緑色用フィルタおよび青色用フィルタを所定の規則で配列してなる場合、好適に、上記凹部の深さが、上記赤色用フィルタの下方領域、上記緑色用フィルタの下方領域、上記青色用フィルタの下方領域の順に大きい。カラーフィルタとして補色系の色配列を有するものを用いてもよく、その場合も同様に、色に応じて上記凹部の深さを変えることで対応する。上記第1光透過絶縁膜は、好適に、上記赤色用フィルタの下方領域、上記緑色用フィルタの下方領域、上記青色用フィルタの下方領域の順で不純物濃度が高い。

【0018】このような構成の固体撮像装置では、層内レンズ面の曲率（たとえば層内レンズを構成する第1光透過絶縁膜の曲面状の凹部の深さ）が、RGB系フィルタ配列の場合、赤（R）色フィルタ下方領域で最も大きく、緑（G）色フィルタ下方領域で次に大きく、青（B）色フィルタ下方領域で最も小さく設定される。したがって、この曲率差を最適化すると、各画素内の層内フィルタを通した光の屈折角度が異なるため、3原色が受光面上で確実にかつ同様な位置に集光する。

【0019】本発明の第2の観点に係る固体撮像装置の製造方法は、基板内の表面領域に画素の受光部を形成し、上記受光部の上方で層間絶縁膜内に埋め込まれ凹状

6

のレンズ曲面を有する層内レンズを形成し、上記層内レンズの上方にカラーフィルタとオンチップレンズを形成する固体撮像装置の製造方法であって、上記受光部の形成後、上記カラーフィルタの色配列に応じて深さが異なる曲面状の凹部を上記受光部の上方の表面部分に有した第1光透過絶縁膜を形成し、上記第1光透過絶縁膜と異なる屈折率の第2光透過絶縁膜を上記凹部を埋めて堆積させることにより、上記層内レンズを形成する。

【0020】上記第1光透過絶縁膜の形成では、好適に、上記第1光透過絶縁膜となる膜を堆積し、上記第1光透過絶縁膜となる膜に対し、上記カラーフィルタの色配列に応じて複数回、不純物を上記受光部の上方領域に選択的にイオン注入し、上記不純物をイオン注入した上記第1光透過絶縁膜となる膜を加熱する。また、上記イオン注入では、好適に、上記凹部の曲率を小さくする上記第1光透過絶縁膜の領域ほど高い濃度で不純物をイオン注入する。

【0021】このような固体撮像装置の製造方法では、2回の選択的なイオン注入を従来製法に追加するだけで、簡単に入射光の波長の違いによる集光状態のパラキが補正される。

【0022】

【発明の実施形態】本発明の実施形態に係るCCD固体撮像装置（CCDイメージャ）の撮像部は、特に図示しないが、一方（垂直転送方向）に沿って長い垂直転送部が、多数平行ストライプ状に形成され、その各離開スペース内に1列分の画素の受光部が、垂直転送部と平行に列をなして配置されている。受光部列と、その一方側の垂直転送部との間には、各画素ごとに読み出しゲート部が設けられている。また、受光部列と、その他方側の他の垂直転送部との間には、各受光部で発生した信号電荷の当該他の垂直転送部への漏洩を防止するチャネルストップが設けられている。

【0023】図1は、本発明の実施形態に係るCCDイメージャにおいて、その信号電荷の垂直転送方向と直交する方向に沿った撮像部のほぼ3画素分の断面図である。

【0024】図1において符号1は、シリコン基板またはシリコン基板に形成されたp型ウェルなど（以下、基板という）を示す。基板1内の表面領域に、たとえばn型不純物領域などからなり基板1との間のp-n接合を中心とした領域で光電変換を行って信号電荷を発生させ、信号電荷を一定時間蓄積する複数の受光部2が隣同様に形成されている。各受光部2間に、両側の受光部とそれぞれ所定距離をおいて、主にn型不純物領域からなる垂直転送部3が形成されている。なお、図示を省略したが、受光部2と一方の垂直転送部3との間に、読み出しゲート部の可変ゲート電圧障壁を形成するp型不純物領域が形成され、受光部2と他方の垂直転送部3との間に、チャネルストップとしての高濃度p型不純物領域が

(5)

基板深部にまで形成されている。

【0025】基板1上には、酸化シリコンなどの絶縁膜4aが形成され、垂直転送部3の上方の絶縁膜4a上位置に、ポリシリコンなどからなる転送電極5が形成されている。受光部2での光電変換により得られた信号電荷は、読み出しゲート部を介して一方の垂直転送部3に読み出され、転送電極5を4相等の垂直転送クロック信号により駆動することにより垂直転送部3内を所定の方向に順次転送される。その後、ラインごとの信号電荷として図示しない水平転送部に書き出された信号電荷が、水平転送部内を、たとえば2相の水平クロック信号により転送された後、撮像信号として外部に出力される。

【0026】転送電極5上には、酸化シリコンなどの絶縁膜4bが形成されている。また、絶縁膜4b上に、たとえばタングステン(W)などの高融点金属からなる遮光膜6が形成されている。遮光膜6は、受光部2の上方で開口した開口部6aを有する。開口部6aの周縁は、転送電極5の段差より若干内側に位置する。これは、遮光膜6の垂直転送部3に対する遮光性を高め、スミアを抑えるためである。

【0027】遮光膜6および開口部6a内を覆って、たとえばPSG(Phosphosilicate glass)またはBPSG(Borophosphosilicate glass)などからなる第1光透過絶縁膜7が形成されている。第1光透過絶縁膜7の表面に、下地の転送電極5および遮光膜6の段差の形状を反映して曲面を有する凹部7a、7b、7cが形成されている。本実施形態では、赤色光が入射される画素における凹部7a、緑色光が入射される画素における凹部7b、青色光が入射される画素における凹部7cの深さが、この順で大きく設定されている。したがって、凹部7aの曲率が最も大きく、凹部7bの曲率が次に大きく、凹部7cの曲率が最も小さい。この曲率差を設ける方法は後述する。

【0028】第1光透過絶縁膜7上には、第1光透過絶縁膜7より屈折率が高い材料、たとえばプラズマCVD法により形成した窒化シリコン(P-SiN)などからなる第2光透過絶縁膜8が、凹部7a、7b、7cを埋め込んで形成されている。第2光透過絶縁膜8の表面は平坦化され、これら第1、第2光透過絶縁膜7、8により層内レンズが形成されている。

【0029】第2光透過絶縁膜8の平坦化面上に、オンチップカラーフィルタ(OCCF)10が配置されている。図示例のOCCF9は、原色系のカラースペーシングがなされ、境界領域9aで区切られた光透過領域が赤(R)、緑(G)、青(B)の何れかに着色されている。なお、補色系のカラースペーシングがなされたOCCFでは、たとえばイエロー(Ye)、マゼンダ(Mg)、シアン(Cy)、緑(G)の何れかに着色される。OCCF9上に、ネガ型感光樹脂などの光透過材料からなるオンチップレンズ(OCCL)10が配置され

8

ている。OCCL10のレンズ面(凸状曲面)で受けた光が集光され、前記した層内レンズで更に集光されて、受光部2に入射される。OCCL10は無効領域となる隙間を出来るだけ小さくするようにCCDイメージャ表面に形成され、遮光膜上方の光も有効利用して受光部2に入射させるため、画素の感度が向上する。

【0030】つぎに、図2～図5の断面図に沿って、このCCDイメージャの製造方法を説明する。図2では、既知の方法にしたがって、シリコン基板内の各種不純物領域の形成を行う。すなわち、まず、用意したシリコン基板内の表面領域に、必要に応じてp型不純物領域をイオン注入してpウェル等を形成した後、p型不純物領域を高濃度にイオン注入して、チャネルストップを形成する。また、チャネルストップの一方側にn型不純物を所定条件でイオン注入して受光部2を形成し、チャネルストップの他方側にn型不純物を所定条件でイオン注入して垂直転送部3を形成し、垂直転送部3と受光部2との間にp型不純物を所定条件でイオン注入して読み出しゲート部を形成する。続いて、各種不純物領域を形成した基板1の表面に、酸化シリコン膜などを熱酸化またはCVDして絶縁膜4aを形成する。絶縁膜4a上に不純物が添加されて導電性を高めたポリシリコンをCVDし、ポリシリコンをパターンニングして転送電極5を形成する。形成した転送電極5上を覆って、たとえば酸化シリコンなどの絶縁膜4bを形成する。また、絶縁膜4b上にWなどの高融点金属膜をCVDし、高融点金属膜を受光部2の上方で開口するようにパターンニングして遮光膜6を形成する。

【0031】遮光膜6およびその開口部6a上にPSGまたはBPSGからなる第1光透過絶縁膜7dを形成する。この成膜後のPSG膜またはBPSG膜は、下地の転送電極5および遮光膜6の段差形状を反映して受光部2上方で同じ大きさの凹部7a'、7b'、7c'を有する。

【0032】つぎに、図3に示すように、第1光透過絶縁膜7d上に、緑色光を受光する画素の受光部を中心とした領域(以下、G領域)で開口するレジストパターンRを形成する。レジストパターンRをマスクとして、ホウ素イオン(B⁺)または磷イオン(P⁺)を所定濃度でイオン注入する。これにより、ホウ素または磷が第1光透過絶縁膜7dのG領域に、所定濃度で添加される。

【0033】レジストパターンRを除去後、図4に示すように、第1光透過絶縁膜7d上に、青色光を受光する画素の受光部を中心とした領域(以下、B領域)で開口する他のレジストパターンRを形成する。レジストパターンRをマスクとして、ホウ素イオン(B⁺)または磷イオン(P⁺)を所定濃度でイオン注入する。これにより、ホウ素または磷が第1光透過絶縁膜7dのB領域に、所定濃度で添加される。このイオン注入の不純物濃度は、G領域のイオン注入時より高くする。

(6)

10

【0034】レジストパターンを除去後、第1光透過絶縁膜7dを、たとえば900℃～1000℃に加熱してリフローする。これにより、図5に示すように、第1光透過絶縁膜7dを構成するPSGまたはBPSGが熱軟化して角がラウンディングし、各凹部を一部埋め込むように変形する。ただし、PSGまたはBPSGは、その不純物濃度が高いほどリフローしやすい。このため、最も不純物濃度が低いB領域の凹部7c'が最もリフローされ、その結果、浅く曲率が小さい曲面を有する凹部7cが形成される。また、次に不純物濃度が高いG領域の凹部7b'が中程度の深さと曲率を有する凹部7bとなり、追加の不純物添加をしていない領域(R領域)の凹部7a'が最も深く曲率が大きい凹部7aとなる。

【0035】その後、形成した第1光透過絶縁膜7上に、プラズマCVD法により窒化シリコンを堆積させ、表面にレジストを塗布して平坦化した後、レジストと窒化シリコンのエッチング選択比がほぼ1となる条件でエッチバックする。これにより、図1に示すように、表面が平坦化された第2光透過絶縁膜8が形成される。つぎに、第2光透過絶縁膜8の平坦化面上に、たとえば染色法によりOCCF9を形成する。染色法では、カゼインなどの高分子に感光剤を添加して塗布し、露光、現像、染色および定着を色ごとに繰り返す。その他、いわゆる分散法、印刷法または電着法などを用いてOCCF9を形成してもよい。最後に、ネガ型感光性樹脂などの光透過性樹脂を厚く形成し、これをラウンディングしたレジストパターンをマスクとしたエッチングにより加工してOCL10を形成する。

【0036】図6に、CCDイメージャに受光面に対し垂直な光(垂直光)が入射した場合の集光の様子を示す。また、図7に、CCDイメージャに受光面に対し斜めの光(斜め光)が入射した場合の集光の様子を示す。このCCDイメージャは、前記したように、層内レンズの焦点距離を決める凹部7a～7cの曲率、R、G、Bの各画素間で最適化されている。このため、OCCF9を透過した光の集光性がR、G、Bの各画素間で均一化される。すなわち、R、G、Bの各画素における垂直光L0の焦点位置を、受光部2のほぼ中央に揃えることができる。また、斜め光L1の焦点位置を、受光部2の中央ではないがほぼ同じ位置に揃えることができる。このため、遮光膜6のコーナ部などでの「光のクレール」、および、スミアの原因となる遮光膜6の下側への光の入射が有効に防止される。以上の結果、とくに画素サイズを縮小するほど有効にスミアが低減され、また斜め光が増大した場合の感度が向上する。

【0037】また、前記したCCDイメージャの製造方法では、受光面における光の焦点位置を揃える目的で第1光透過絶縁膜7の凹部7a～7cに曲率差を設けるが、このための追加工程は、2回のフォトリソグラフィ工程と2回のイオン注入工程のみで、大幅なコスト増と

ならない。

【0038】なお、補色系のカラーコーディング方式の場合、前記した第1光透過絶縁膜7の凹部の曲率は、イエロー、マゼンダ、シアンの順に大きくするとよい。

【0039】

【発明の効果】本発明に係る固体撮像装置によれば、第1光透過絶縁膜の凹部の曲率を最適化することにより、光の焦点位置を画素間で揃えることができる。そのため、たとえば遮光膜による光のクレール、および遮光膜の下側への光の入射が有効に防止され、その結果、とくに画素サイズを縮小するほど有効にスミアが低減され、また斜め光が増大した場合の感度が向上する。また、本発明に係る固体撮像装置の製造方法によれば、上記した凹部の曲率を最適化するための追加工程は2回の選択的なイオン注入のみであり、大幅なコスト増はない。

【図面の簡単な説明】

【図1】実施形態に係る固体撮像装置の構成を示す断面図である。

【図2】実施形態に係る固体撮像装置の製造において、第1光透過絶縁膜の成膜後を示す断面図である。

【図3】実施形態に係る固体撮像装置の製造において、緑色光を受光する画素へのイオン注入時を示す断面図である。

【図4】実施形態に係る固体撮像装置の製造において、青色光を受光する画素へのイオン注入時を示す断面図である。

【図5】実施形態に係る固体撮像装置の製造において、第1光透過絶縁膜のリフロー後の断面図である。

【図6】実施形態に係る固体撮像装置に垂直光が入射した場合の集光の様子を示す図である。

【図7】実施形態に係る固体撮像装置に斜め光が入射した場合の集光の様子を示す図である。

【図8】従来の固体撮像装置の画素構造を示す断面図である。

【図9】従来の固体撮像装置に垂直光または斜め光が入射した場合の集光の様子を示す図である。

【図10】(A)～(C)は、それぞれ赤色光、緑色光、青色光が入射したレンズの集光状態を示す図である。

【図11】従来の固体撮像装置のオンチップレンズおよび層内レンズによる3原色垂直光の集光時の問題点を示す図である。

【図12】従来の固体撮像装置のオンチップレンズおよび層内レンズによる3原色斜め光の集光時の問題点を示す図である。

【符号の説明】

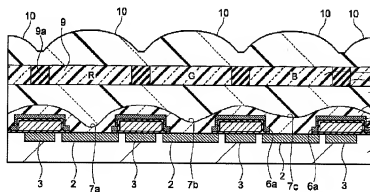
1…基板(シリコン基板またはpウエル)、2…受光部、3…垂直転送部、4a、4b…絶縁膜、5…転送電極、6…遮光膜、6a…開口部、7…第1光透過絶縁膜、7a、7b、7c…凹部(リフロー後)、7a'、

(7)

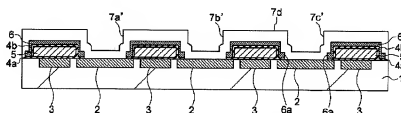
11
7 b' , 7 c' …凹部 (リブロー前)、7 d…成膜後の
第1光透過絶縁膜、8…第2光透過絶縁膜、9…OCC
F (オンチップカラーフィルタ)、10…OCL (オン

12
チップレンズ)、R…レジストパターン、L 0…垂直
光、L 1…斜め光。

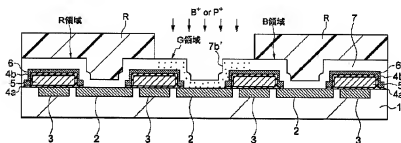
【図1】



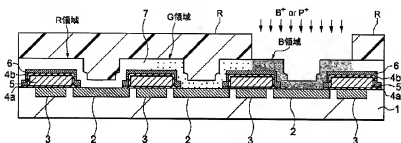
【図2】



【図3】

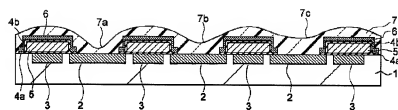


【図4】

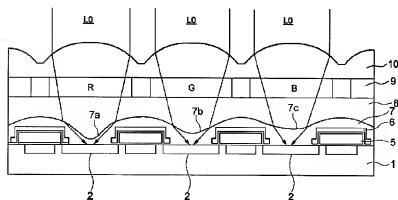


(8)

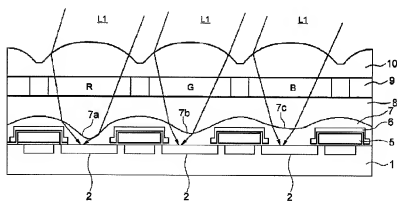
【図5】



【図6】

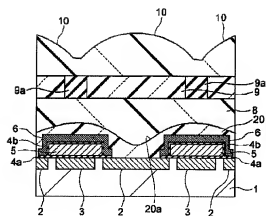


【図7】

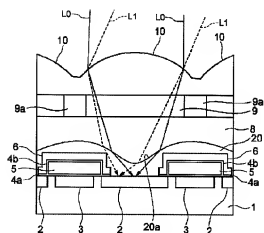


(9)

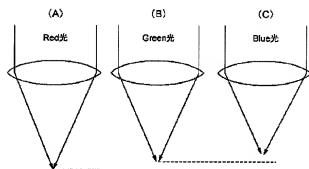
【図8】



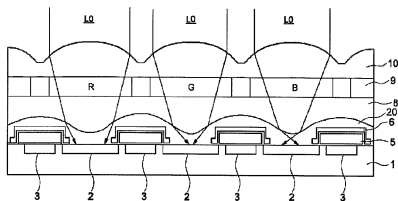
【図9】



【図10】

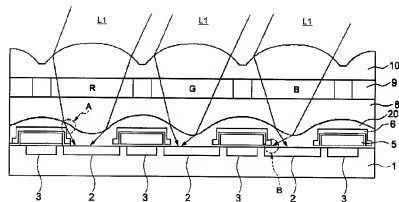


【図11】



(10)

【図12】



フロントページの続き

(72)発明者 谷川 公一
鹿児島県国分市野口北5番1号 ソニー国
分株式会社内

Fターム(参考) 2H048 BA02 BA11 BA15 BA16 BA17
BB02 BB07 BB13 BB46
2H097 CA11 EA01 EA03 FA06 LA20
4M118 AA05 AB01 BA13 CA03 CA34
EA20 FA06 GB07 GC08 GD04
GD07 GD08
5C065 AA01 AA03 BB24 BB42 DD02
EE06 EE07 EE10 EE11